

ソナーリングを用いた廊下世界での予測行動型移動ロボットナビゲーション

北海学園大学工学部 ○五十嵐 拓郎、 深谷 健一

要旨

廊下世界での利用を重点に置いた自律移動ロボット用ナビゲーションの一環として、簡便なソナーリングを用いて障害物を含めた廊下の広がり計測、評価することによる走行プランニング時の事前危険回避プラン作成等の手法を検討している。本研究ではソナーリングによる広がり計測の方法を提案し、廊下の状態を評価できる基礎データを獲得することができた。

1. 緒言

廊下世界で自律移動ロボットを走行させる場合、どうしても避けられない障害物回避問題がある。比較的広い走行領域に比べて、特に廊下の場合には両側が壁で囲まれているため非常に危険性が高いと言える。障害物回避の代表的なものには条件反射的に障害物を回避する手法があるが、ナビゲーションにおいてもこれはあくまで走行中に単に発見したら回避するものであり、プランニング時に事前に回避・警戒行動を取れるような手法を採用しない限り、常に全くの未知の障害物に対して行動しなければならない。つまり経路選定において、その経路に多数の障害物があるかまたは走行し易いか等の事前に廊下の状態を予測できれば危険性も走行時の時間的コストも低減できるはずである。

本研究ではこのようなロボット自身の「不安材料」を低減できるような走行プランニングを可能にするため、まず簡便なソナーリングを使って廊下の各点での広がり計測しそれを指標に変換し、その各点での指標を分析することで事前に危険予測を行えるような手法を提案する。今回はその第一段階として、広がり計測法、指標の付け方、危険予測分析への可能性を示す。

2. 事前危険予測の手順

図1に走行プランニングの一つとなる事前危険予測の手順を示す。ロボットには走行する経路と地図が与えられているものとする。概念としては、廊下に障害物が存在すると本来の廊下の広がり比べて狭くなるはずである。「占有度指標」とはロボットから見て廊下の狭くなった部分の割合である。これは障害物の規模、位置によって異なってくる。指標は廊下をある大きさの格子に区切り、その格子内で計測された広がりによって決まる。指標は走行しながら付けて、一連の指標群として記憶され、再び走行した時に廊下の様子が変化している場合は更新される。分析は指標群をグラフ化した評価グラフで行われる。

3. 計測

3-1 廊下の広がり計測

図2に広がり計測の概要を示す。廊下を一辺が L の正方形格子に区分けする。リング上のソナーの間隔(角度 θ)は一定であるとし、ソナービームは理想的な状態を仮定して

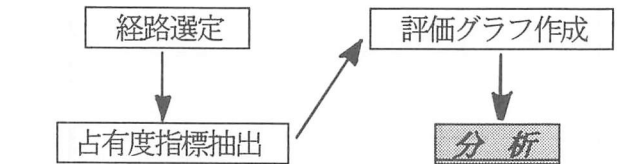


図1 事前危険予測の手順

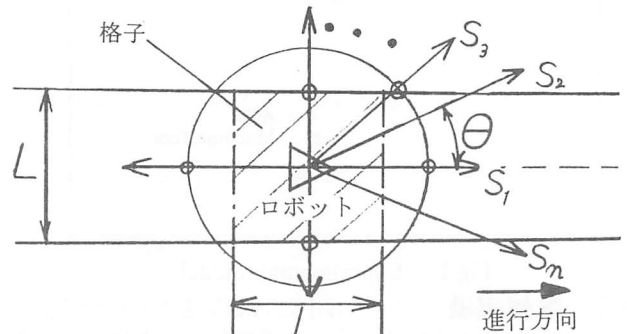


図2 計測の概要

あらゆる被計測物体に対して反射・計測できるものとする。広がり計測の定義として(1)式のようにまず各ソナー s_j の距離平均値 w を求め、次に格子の境界から次の境界へ移動する間に計測された w の平均値 H で表わす。

$$w_i = \sum_{j=1}^n s_j / n, H = \sum_{i=1}^m w_i / m \quad (1)$$

[n : ソナー個数, m : 格子内計測回数]

ここで定義した広がり計測は障害物を除去した格子の面積ではなく、ソナーの最大レンジを半径とする円内を占める廊下空間の移動面積平均を各格子から見たものである。

3-2 占有度指標

各格子で計測された広がり計測を指標に変換する。指標は障害物が無い基準の状態の格子から見た広がりとの割合で求められる。広がり計測の基準値を H_0 とすると指標 I は(2)式で表わす。

$$I = \{1 - (H/H_0)\} \times 100 \quad [\%] \quad (2)$$

3-3 計測可能条件

ソナーの指向性と本手法による廊下幅の許容範囲を考慮

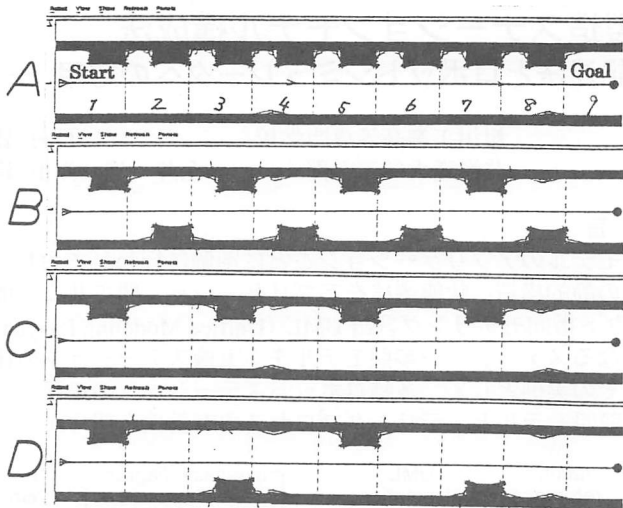


図3 廊下の状態

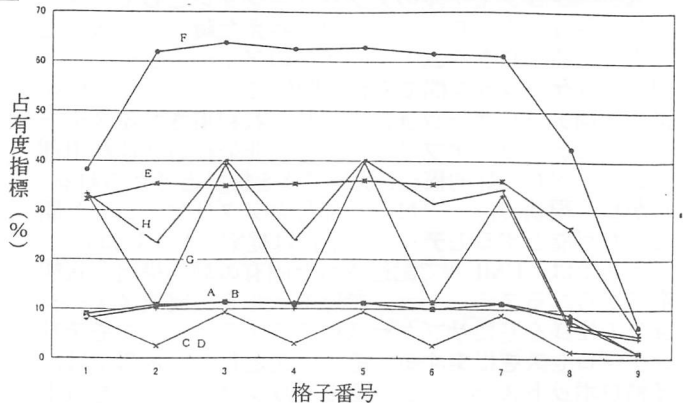
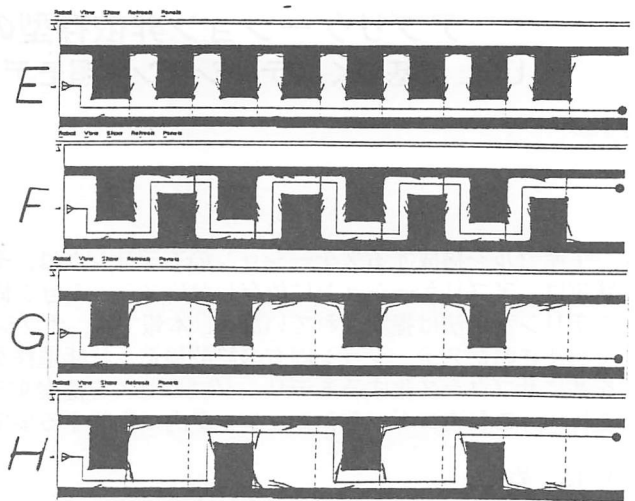


図4 計測結果

しなければならない。基準となる障害物が無い廊下の広がり
が正しく計測されなければならないので、ロボットが廊
下中央に置かれているときにリング上のソナーで計測不可
能な角度範囲に位置しているものを削除する。そのため
(1)式では削除したソナー番号を除く。この条件を常に
維持するためソナーリングは走行駆動系と分離させ、壁と
平行に保たせる必要がある。さらに計測中でも、計測でき
ないソナーが出た場合それをも削除する必要がある。この
ような操作をしても距離の平均値なのでほとんど影響は無
い。廊下幅の許容範囲はソナーの計測可能最大レンジで決
定する。廊下幅方向のどの点でも基準となる広がり変化
しないようにする必要上、リング上の前後左右以外のソナ
ーはすべて壁との距離を計測できなければならないため、
実験的には最大レンジの半分以下が許容範囲になることが
確認された。

4. 実験

4-1 実験手順

計測は米国 Nomadic 社製移動ロボット Nomad200 用の
駆動ソフト "Nserver" のシミュレーションモードで行っ
た。廊下の壁は滑らかであり廊下長はロボットの前後で充
分長いものと仮定する。ソナー数は16個で、設定値は格
子の一辺Lと一致している廊下幅を 125 in.、格子数9個 (走
行距離 1125 in. ≒ 94 ft) とし、走行速度は 10in./sec.に固
定した。障害物は2種類の大きさの長方形体を想定し、図
3のように8種類の廊下の状態を用意した。図中には格子
の区切りと走行軌跡が記されている。ロボットは回避行動
を可能にしており、転回時でもソナーリングは廊下の壁と
平行を保つようにしている。Nomad200 での最大レンジは
内部ロジックの都合上 255 in.である。ロボット本体は円筒
形であり、その直径は約 22.4 in.である。

4-2 計測結果

計測結果を図4に示す。広がり基準値 H_0 は 96 in.である。

廊下 A,B,E,F のように障害物が各格子内に連続的に置かれ
ている場合、グラフは最初と最後付近の格子を除いて一定
値を取る。A,Bの重なりは障害物が比較的小さく、かつ回
避の必要性がほとんど無いためである。E,Fが異なるのは
障害物が大きいので A,B に比べ高い指標となり、FはEに
比べて大きく回避行動をしているので指標が高い。

C,D,G,H は間隔を開けて置かれており、グラフがノコギ
リ波状になる。C,Dの重なり、G,Hの分離も A,B,E,F と
同様な理由であることが容易に読み取れる。グラフ中央部
の各格子点での変動は数%以内であり、計測条件を満たし
ていれば廊下幅方向の広がり基準値の変動が少なく指標を
求められることを示している。

5. 結言

本手法により先の定義による廊下の広がり計測、評価
することで、廊下に存在する障害物の規模、間隔、位置に
よる指標パターンが見出せ、複雑に点在する障害物の状態
を予測できる基礎情報が得られる。さらにロボットは評価
グラフを参照しながら事前に走行速度の抑制制御をも可能
にできると期待される。今後は実際の廊下でのロボット走
行実験を実施し、検証する予定である。

本研究は北海道大学ハイテクリサーチセンター研究費の支援を受け
て行われた。